

In IOS.

PAT-NO: JP407097656A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 07097656 A
TITLE: COLD FORGING STEEL
PUBN-DATE: April 11, 1995

INVENTOR-INFORMATION:
NAME
KATO, TAKEHIKO
TAKESHITA, HIDEO

ASSIGNEE-INFORMATION:
NAME KOBE STEEL LTD COUNTRY
N/A

APPL-NO: JP05245036
APPL-DATE: September 30, 1993
INT-CL (IPC): C22C038/00, C22C038/60

ABSTRACT:

PURPOSE: To provide a cold forging steel capable of keeping deformation resistance at the time of cold forging at a low value and excellent in hardenability after forming.

CONSTITUTION: This steel has a composition consisting of 0.30-0.60% C, ≤0.10% Si, 0.15-0.65% Mn, ≤0.10% P ≤0.10% S, ≤0.50% Cr, 0.05-0.40% Mo, 0.05-0.40% Ni, 0.0005-0.0035% B, 0.01-0.10% Ti, and the balance iron with inevitable impurities. Further, prescribed amounts of Cu, Nb, V, Pb, Te, Bi, and Ca can be added to this steel.

COPYRIGHT: (C) 1995, JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-97656

(43) 公開日 平成7年(1995)4月11日

(51) Int.Cl. ⁸	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
C 2 2 C 38/00 38/60	3 0 1 A			

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号	特願平5-245036	(71) 出願人	000001199 株式会社神戸製鋼所 兵庫県神戸市中央区臨浜町1丁目3番18号
(22) 出願日	平成5年(1993)9月30日	(72) 発明者	加藤 猛彦 兵庫県神戸市灘区灘浜東町2番地 株式会 社神戸製鋼所神戸製鉄所内
		(72) 発明者	竹下 秀男 兵庫県神戸市灘区灘浜東町2番地 株式会 社神戸製鋼所神戸製鉄所内
		(74) 代理人	弁理士 植木 久一

(54) 【発明の名称】 冷間鍛造用鋼

(57) 【要約】

【目的】 冷間鍛造時の変形抵抗が低く保持できると共に、成形後の焼入れ性にも優れた冷間鍛造用鋼を提供する。

【構成】 C:0.30~0.60%, Si:0.10%以下, Mn:0.15~0.65%, P:0.10%以下, S:0.10%以下, Cr:0.50%以下, Mo:0.05~0.40%, Ni:0.05~0.40%, B:0.0005~0.0035%, Ti:0.01~0.10%を夫々含有し、残部鉄および不可避不純物からなる。

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 C:0.30~0.60% (重量%の意味、以下同じ)、Si:0.10%以下、Mn:0.15~0.65%、P:0.10%以下、S:0.10%以下、Cr:0.50%以下、Mo:0.05~0.40%、Ni:0.05~0.40%、B:0.0005~0.0035%、Ti:0.01~0.10%を夫々含有し、残部鉄および不可避不純物からなることを特徴とする冷間鍛造用鋼。

【請求項2】 更に、Cu:0.05~0.40%を含有するものである請求項1に記載の冷間鍛造用鋼。

【請求項3】 更に、Nb:0.01~0.10%および/またはV:0.01~0.10%を含有するものである請求項1または2に記載の冷間鍛造用鋼。

【請求項4】 更に、Pb:0.01~0.20%、Te:0.01~0.10%、Bi:0.01~0.10%およびCa:0.0005~0.0050%よりなる群から選ばれる1種以上を含有するものである請求項1~3のいずれかに記載の冷間鍛造用鋼。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、自動車、建設機械および各種産業機械における、等速ジョイントアウターレースや歯車等の動力伝達部品の素材として用いられる冷間鍛造用鋼に関するものである。

【0002】

【従来の技術】上記の様な等速ジョイントアウターレースや歯車等の動力伝達部品を製造するに当たっては、太径棒鋼を冷間鍛造または温間鍛造することによって所定の形状に成形した後、表面硬化のために高周波焼入れ処理や浸炭処理を施すのが一般的である。この様な製造に際して、特に冷間鍛造を行なう場合には、鋼素材の冷間加工性が優れていることが要求される。また冷間加工性とは変形能と変形抵抗を含むのであるが、上記の様な部品の冷間鍛造を行なうには、変形抵抗が低いことが最も重要な要件である。

【0003】冷間鍛造の際の変形抵抗を低下させる方法としては、C、Si、Mn、P、Cr等の元素を低減すると共に、Si、Mn、Crの低減による焼入れ性が低下分をBの添加によって補うという技術が提案されている(例えば、特公平1-38847号公報、特開平2-14574号公報等)。しかしながら、これらの技術は、成形後の焼入れ性(とくに高周波焼入れ性)が劣化するという問題があった。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】本発明はこの様な事情に着目してなされたものであって、その目的は、冷間鍛造時の変形抵抗が低く保持できると共に、成形後の焼入れ性にも優れた冷間鍛造用鋼を提供することにある。

【0005】

2

【課題を解決するための手段】上記目的を達成し得た本発明とは、C:0.30~0.60%、Si:0.10%以下、Mn:0.15~0.65%、P:0.10%以下、S:0.10%以下、Cr:0.50%以下、Mo:0.05~0.40%、Ni:0.05~0.40%、B:0.0005~0.0035%、Ti:0.01~0.10%を夫々含有し、残部鉄および不可避不純物からなることに要旨を有する冷間鍛造用鋼である。また必要により、Cu、Nb、V、Pb、Te、Bi、Ca等を所定量含有するものであってもよい。

【0006】

【作用】本発明者らは、上記要求に応えることのできる冷間鍛造用鋼を開発すべく、各種添加元素の効果について検討を行なった。その結果、Niを添加すれば、鋼中のC、Si、Mn、P、Cr等の元素を更に低減することができ、それによって変形抵抗のより一層の低減が可能となり、しかもSi、Mn、Cr等の焼入れ性向上元素の低減にもかかわらず成形後の焼入れ性(特に高周波焼入れ性)をも向上することができることが分かった。

そして、上記の様な焼入れ性向上元素およびNiの他、Mo、B、Ti等の化学成分を適切に調整することによって希望する特性の冷間鍛造用鋼が実現できることを見出し、本発明を完成した。またこの様な冷間鍛造用鋼においては、前述した変形抵抗の低下および焼入れ性の向上の他、焼入れ後の研削性も良好であることも要求されるが、この点はCuの添加によって大幅に改善されることも分かった。本発明における化学成分限定理由は下記の通りである。

【0007】C:0.30~0.60%

Cは機械構造用部品としての強度を確保するために、0.30%以上含有させる必要がある。しかしながら、0.60%を超えて含有させると、冷間鍛造時の変形抵抗が高くなり過ぎ、また焼割れも生じ易くなるので、その上限は0.60%とする必要がある。

Si:0.10%以下

Siは鋼の脱酸に有効な元素であるが、冷間鍛造時の変形抵抗を高める元素であるので、その含有量は0.10%以下とする必要がある。

【0008】Mn:0.15~0.65%

MnはSをMnSとして無害化して延性を改善する効果を持っており、その効果を発揮させる為には少なくとも0.15%含有させる必要があり、また焼入れ性向上効果も同時に得られる。しかしながら0.65%を超える過剰添加は、冷間鍛造性を阻害する。

P:0.10%以下

Pは冷間鍛造時の変形抵抗を高める元素であるので、0.10%以下に限定した。

【0009】S:0.10%以下

Sは冷間鍛造時の変形能を低下させる元素であるので、0.10%以下に限定した。

3

Cr: 0.50%以下

Crは焼入性を向上させる効果を持つ元素であるが、過剰に添加すると冷間鍛造時の変形抵抗が高くなり、工具寿命が低下するので0.50%以下とした。

【0010】Mo: 0.05~0.40%

Moは焼入性を向上させる効果を持つ元素であるが、過剰に添加すると冷間鍛造時の変形抵抗が高くなり、工具寿命が低下するので、その含有量は0.05~0.40%の範囲とした。

【0011】Ni: 0.05~0.40%

Niは、Si, Mn, Crほど変形抵抗を上昇させずに焼入れ性を向上させる元素であり、変形抵抗を低くする為添加を制限したSi, Mn, Crの不足による焼入れ性低下を補完するために添加する。また切り欠き靱性を改善する効果を併せ持つ元素である。その添加効果は0.05%から得られるが、0.40%を超えての添加は変形抵抗を上昇すると共に、コストアップになるので好ましくない。

【0012】B: 0.0005~0.0035%

Bは、冷間鍛造時の変形抵抗を低減するため添加量を制限したSi, Mn, Cr, Mo等の不足に伴う焼入れ性低下を補うために添加する。添加効果は0.0005%から認められるが、0.0035%を超えるとその効果が飽和する。

【0013】Ti: 0.01~0.10%

TiはNを固定してBNの生成を防止し、Bの持つ焼入れ性向上効果を発揮させる。その効果は0.01%から発揮されるが、0.10%を超える添加は、介在物発生に起因する変形能低下の原因になるので好ましくない。本発明は、以上の元素を基本成分とし、残部鉄および不
30 可避不純物からなるものであるが、必要によりCu, Nb, V, Pb, Te, Bi, Ca等を添加してもよい。これらの元素を添加するときの含有量は下記の通りである。

4

【0014】Cu: 0.05~0.40%

Cuは上述した様に、焼入れ後の研削性を向上するのに有効な元素であり、その効果を発揮させる為には、0.05%以上の添加が必要である。しかしながら0.40%を超えて添加すると、分塊圧延時の割れ発生の恐れがあり避けるべきである。

【0015】Nb: 0.01~0.10%および/またはV: 0.01~0.10%

10 NbとVはいずれも結晶微細化に有効な元素であり、その効果を発揮させるためには単独または合計で0.01%以上添加する必要がある。しかしながらその添加量が0.10%を超えると効果が飽和する。

【0016】Pb: 0.01~0.20%, Te: 0.01~0.10%, Bi: 0.01~0.10%およびCa: 0.0005~0.0050%よりなる群から選ばれる1種以上

Pb, Te, BiおよびCaは、いずれも被削性改善元素であるが、冷間鍛造時の変形能を低下させる元素でもあるから、被削性改善と変形能低下の両面から勘案して添加範囲を上記の様にした。

【0017】以下本発明を実施例によって更に詳細に説明するが、下記実施例は本発明を限定する性質のものではなく、前・後記の趣旨に徴して設計変更することはいずれも本発明の技術的範囲に含まれるものである。

【0018】

【実施例】表1に示す化学成分の供試材を小型溶製炉(150kg/チャージ)で溶製後、ダミーピレットを作成し、直径: 25mmの棒鋼に圧延した。次いで冷間鍛造性を調査するために、球状化焼なまし処理(730℃×4時間[加熱保持]→10℃/時間で680℃まで徐冷後、放冷)を行ない、機械加工により圧縮試験片(直径: 20mm×長さ: 30mm)を作製した。

【0019】

【表1】

供試材 No.	化 学 成 分 (%)												
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Ti	B	Cu	その他	備 考
1	0.47	0.04	0.45	0.008	0.004	0.21	0.09	0.15	0.020	0.0021	—	—	本発明鋼
2	0.26	0.08	0.49	0.007	0.007	0.28	0.15	0.14	0.021	0.0018	—	—	比較鋼
3	0.66	0.07	0.37	0.006	0.003	0.18	0.10	0.09	0.018	0.0018	—	—	比較鋼
4	0.45	0.07	0.41	0.009	0.008	0.17	0.11	0.11	0.016	0.0016	0.17	—	本発明鋼
5	0.49	0.16	0.44	0.007	0.006	0.19	0.10	0.11	0.021	0.0018	—	—	比較鋼
6	0.47	0.05	0.10	0.005	0.002	0.23	0.12	0.13	0.017	0.0014	—	—	比較鋼
7	0.48	0.08	0.78	0.008	0.009	0.18	0.14	0.08	0.027	0.0011	—	—	比較鋼
8	0.46	0.05	0.47	0.018	0.005	0.24	0.08	0.10	0.019	0.0019	—	—	比較鋼
9	0.49	0.07	0.44	0.005	0.017	0.23	0.14	0.14	0.024	0.0010	—	—	比較鋼
10	0.49	0.07	0.45	0.006	0.006	0.58	0.08	0.10	0.019	0.0019	—	—	比較鋼
11	0.48	0.04	0.48	0.007	0.007	0.28	0.03	0.12	0.024	0.0019	—	—	比較鋼
12	0.49	0.04	0.46	0.008	0.005	0.27	0.45	0.11	0.022	0.0013	—	—	比較鋼
13	0.45	0.03	0.45	0.008	0.002	0.27	0.15	0.03	0.018	0.0015	—	—	比較鋼
14	0.47	0.07	0.43	0.005	0.001	0.26	0.12	0.48	0.021	0.0017	—	—	比較鋼
15	0.46	0.04	0.47	0.009	0.005	0.22	0.14	0.13	0.017	0.0002	—	—	比較鋼
16	0.49	0.07	0.52	0.006	0.004	0.30	0.16	0.18	0.003	0.0023	—	—	比較鋼
17	0.46	0.07	0.49	0.006	0.006	0.26	0.12	0.10	0.020	0.0012	—	Nb: 0.03	本発明鋼
18	0.48	0.07	0.44	0.006	0.003	0.27	0.14	0.11	0.017	0.0013	—	V: 0.05	本発明鋼
19	0.46	0.09	0.44	0.007	0.004	0.21	0.11	0.09	0.028	0.0019	0.18	Nb: 0.03	本発明鋼
20	0.48	0.05	0.47	0.008	0.004	0.29	0.17	0.14	0.021	0.0015	—	Pb: 0.11	本発明鋼
21	0.47	0.07	0.46	0.008	0.003	0.31	0.14	0.13	0.019	0.0016	—	Te: 0.06	本発明鋼
22	0.47	0.08	0.48	0.009	0.004	0.30	0.12	0.16	0.024	0.0022	—	Bi: 0.04	本発明鋼
23	0.45	0.05	0.44	0.006	0.003	0.38	0.15	0.14	0.018	0.0020	—	Ca:0.003	本発明鋼

【0020】上記圧縮試験片を用い、300トンプレスによって拘束圧縮試験を行った。このとき、30mm高さの試験片を12mm高さまで拘束圧縮（圧縮加工率：60%）加工し、変形抵抗を調査した。その結果を表2に示す。

【0021】また焼入れ性の調査としては、機械加工により直径：20mm×長さ：70mmの円筒形試験片を作製し、高周波焼入れ処理を行った。処理条件としては、80KHz（出力：150Kw）の高周波発信器を用い、*

*リング上コイルの中を移動（12mm/sec）させ、急速加熱後、水溶性焼入れ剤水溶液にて急冷した。この試験片の中央部を切断し、横断面硬度を測定し、最表面硬度、有効硬化層深さ（最表面からHv=500までの距離）およびオーステナイト結晶粒度を調査した。その結果を表2に併記した。

【0022】

【表2】

供試材 No.	変形抵抗 (N/mm ²)	表面硬度 (Hv)	有効硬化層 深さ (mm)	表面部の 平均粒度	備 考
1	833	704	2.1	9.0	本発明鋼
2	730	652	1.1	8.8	比較鋼
3	985	718	2.3	9.5	〃
4	834	706	2.2	9.4	本発明鋼
5	870	685	1.9	8.9	比較鋼
6	755	658	1.3	8.7	〃
7	976	711	2.2	9.3	〃
8	870	685	1.8	8.5	〃
9	840	695	1.8	9.0	〃
10	980	722	2.2	9.2	〃
11	795	654	1.2	9.0	〃
12	971	714	2.2	9.5	〃
13	785	668	1.3	8.8	〃
14	988	719	2.2	9.6	〃
15	784	670	1.1	8.5	〃
16	790	678	1.3	9.3	〃
17	835	709	2.2	10.8	本発明鋼
18	833	712	2.2	10.7	〃
19	838	709	2.1	10.5	〃
20	830	705	2.0	9.0	〃
21	845	711	2.1	9.5	〃
22	839	703	2.0	9.0	〃
23	830	713	2.1	9.1	〃

【0023】Ni添加の有無による切り欠き靱性向上効果の確認試験としては、表1に示す供試材のうちNi添加鋼としてNo. 1、比較鋼としてNo. 13を取り上げ、直径：25mmの棒鋼を（850℃×30min，OQ）→（500℃×120min，WQ）の条件で焼入れ焼*
 30*戻し後、機械加工によりJIS3号Vノッチシャルピー衝撃試験片を作成し、室温、0℃、-25℃の湿度で衝撃試験を行った。その結果を表3に示す。

【0024】

【表3】

供試材 No.	シャルピー衝撃値 (J/cm ²)			備 考
	室温	0℃	-25℃	
1	152	133	83	本発明鋼
13	102	72	51	比較鋼

【0025】次に、Cuによる研削性の向上効果の確認試験として、表1に示す供試材のうちCu添加鋼としてNo. 4、No. 19、Cu無添加鋼としてNo. 1を取り上げ、直径：105mm棒鋼を圧延し、直径：100mm×長さ：215mmの試験片を作製後、高周波焼入れ焼戻し処理を行い、研削試験を行った。研削条件は下記の通りである。そして研削中目つぶれ、目づまりが発生し仕上げ面が不良になった時を砥石の寿命として、それまでの研削本数で研削性を評価した。その結果を表4に示す。

【0026】（研削試験条件）

※被研削材：高周波焼入れ焼戻し材（直径：100mm×長さ：215mm）

砥石：WA（アルミナ系）

砥石回転数：1500rpm

被削材回転数：100rpm

トラバース速度：540mm/min

切り込み：5μm

切削代：300μm

切削油：ピノロール

※50 【0027】

【表4】

供試材 No.	研削本数 (本)	備 考
1	3	Cu無添加鋼
4	12	Cu添加鋼
19	13	Cu添加鋼

【0028】以上の結果から次の様に考察できる。供試材No. 1 (本発明鋼) と供試材No. 2 (比較鋼) を比較すると、供試材No. 2はCが低すぎて、最表面硬度が低く、有効硬化層深さも浅い。一方供試材No. 3はCが高すぎる場合を示すが、変形抵抗が供試材No. 1に比べ大幅に高いことが分かる。

【0029】供試材No. 4はCu添加の例を示す本発明鋼であるが、供試材No. 1のものに比べて変形抵抗、有効硬化層深さ、および表面硬度はほぼ同等であるが、表4に示した様に研削性が優れていることが分かる。

【0030】供試材No. 5はSiが高すぎる比較鋼であるが、変形抵抗が供試材No. 1の本発明鋼に比べ高過ぎることが分かる。また供試材No. 6はMn含有量が低過ぎる比較鋼であり、最表面硬度が低く、有効硬化層深さも浅くなっている。更に、供試材No. 7はMn含有量が高過ぎる比較鋼を示すが、変形抵抗が供試材No. 1の本発明鋼に比べて大幅に高いことが分かる。

【0031】供試材No. 8はPが過剰に含有されている比較鋼であるが、変形抵抗が本発明鋼のものに比べて高いことが分かる。また供試材No. 9はSが過剰に含有されている比較鋼であり、変形抵抗は本発明のものとはほぼ同等であるが、拘束圧縮試験時の割れ発生率が供試材No. 1に比べ劣っている。

【0032】供試材No. 10はCrが過剰に含有されている比較例であるが、変形抵抗が本発明鋼の供試材No. 1のものに比べ大幅に高い。供試材No. 11はMo含有量が低すぎて、最表面硬度が低く、また有効硬化

層深さも浅い。一方供試材No. 12はMo含有量が高過ぎる場合を示すが、変形抵抗が供試材No. 1に比べ高い。

【0033】供試材No. 13はNi含有量が低すぎて、最表面硬度が低く、また有効硬化層深さも浅い。一方供試材No. 14はNi含有量が高すぎる場合を示すが、変形抵抗が供試材No. 1に比べ大幅に高い。供試材No. 15はBが無添加の場合であるが、焼きが入ってなくて最表面硬度が低く、有効硬化層深さも浅い。一方、供試材No. 16はTi含有量が低過ぎる場合を示すが、やはり焼きが入ってなくて最表面硬度が低く、また有効硬化層深さも浅い。

【0034】供試材No. 17, 18, 19はそれぞれNb, V等の微細化元素を添加した場合を示すが、供試材No. 1とほぼ同等の変形抵抗、最表面硬度および有効硬化層深さを示している。特にオーステナイト結晶粒度については一層の微細化が達成されている。

【0035】供試材No. 20, 21, 22, 23はそれぞれPb, Te, Bi, Ca等の被削性向上元素を添加した本発明鋼を示すが、供試材No. 1とほぼ同等の変形抵抗、最表面硬度および有効硬化層深さを示している。

【0036】一方、表3のシャルピー衝撃試験結果より、Niを添加した本発明鋼はNiを添加していない比較鋼ものに比べて、いずれの試験温度においても高い値をしめしている。また表4の研削結果から、Cu添加鋼はCu無添加鋼に比較し優れた比研削性を示していることが分かる。

【0037】

【発明の効果】本発明は以上の様に構成されており、冷間鍛造時の変形抵抗が低く保持できると共に、成形後の焼入れ性にも優れた冷間鍛造用鋼が実現できた。そしてこの様な冷間鍛造用鋼は、冷間鍛造後に高周波焼入れするような動力伝達部品、特に等速ジョイントアウターレースや歯車等の素材として最適である。

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-097656

(43)Date of publication of application : 11.04.1995

(51)Int.Cl.

C22C 38/00

C22C 38/60

(21)Application number : 05-245036 (71)Applicant : KOBE STEEL LTD

(22)Date of filing : 30.09.1993 (72)Inventor : KATO TAKEHIKO
TAKESHITA HIDEO

(54) COLD FORGING STEEL

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide a cold forging steel capable of keeping deformation resistance at the time of cold forging at a low value and excellent in hardenability after forming.

CONSTITUTION: This steel has a composition consisting of 0.30-0.60% C, $\leq 0.10\%$ Si, 0.15-0.65% Mn, $\leq 0.10\%$ P, $\leq 0.10\%$ S, $\leq 0.50\%$ Cr, 0.05-0.40% Mo, 0.05-0.40% Ni, 0.0005-0.0035% B, 0.01-0.10% Ti, and the balance iron with inevitable impurities.

Further, prescribed amounts of Cu, Nb, V, Pb, Te, Bi, and Ca can be added to this steel.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] Steel for cold forging characterized by containing less than [Cr:0.50%], Mo:0.05-0.40%, nickel:0.05-0.40%, B:0.0005 - 0.0035%, and Ti:0.01-0.10%, respectively, and consisting of remainder iron and an unescapable impurity less than [Si:0.10%], Mn:0.15-0.65%, P:0.10% or less, and S:0.10% or less C:0.30 to 0.60% (it being the same % of the weight of semantics, and the following).

[Claim 2] Furthermore, steel for cold forging according to claim 1 which is a thing containing Cu:0.05-0.40%.

[Claim 3] Furthermore, steel for cold forging according to claim 1 or 2 which is a thing containing Nb:0.01-0.10% and/or V:0.01 - 0.10%.

[Claim 4] Furthermore, steel for cold forging according to claim 1 to 3 which is a thing containing one or more sorts chosen from the group which consists of Pb:0.01-0.20%, Te:0.01-0.10%, Bi:0.01-0.10%, and calcium:0.0005-0.0050%.

* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.**** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to the steel for cold forging used as a material of power transfer components, such as a ** joint outer race -- it can set to an automobile, a construction equipment, and various industrial machines -- and a gearing.

[0002]

[Description of the Prior Art] After fabricating a large diameter steel bar in a predetermined configuration cold forging or by carrying out warm forging in manufacturing power transfer components, such as the above constant-velocity joint outer races and a gearing, it is common to perform induction hardening processing and carburization processing for hard facing. When performing especially cold forging on the occasion of such manufacture, it is required that the cold-working nature of a steel material should be excellent. Moreover, although cold-working nature contains deformability and deformation resistance, in order to perform cold forging of the above components, it is requirements with most important deformation resistance being low.

[0003] As an approach of reducing the deformation resistance in the case of cold forging, while reducing elements, such as C, Si, Mn, P, and Cr, the technique in which the hardenability by reduction of Si, Mn, and Cr compensates a fallen part by addition of B is proposed (for example, JP,1-38847,B, JP,2-14574,A, etc.). However, these techniques had the problem that the hardenability after shaping (especially induction hardening nature) deteriorated.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] This invention is made paying attention to such a situation, and it is to offer the steel for cold forging excellent also in the hardenability after shaping while the deformation resistance at the time of cold forging can hold the purpose low.

[0005]

[Means for Solving the Problem] This invention which could attain the above-mentioned purpose is steel for cold forging which has a summary to contain less than [Cr:0.50%], Mo:0.05-0.40%, nickel:0.05-0.40%, B:0.0005 - 0.0035%, and Ti:0.01-0.10%, respectively, and consist of remainder iron and an unescapable impurity C:0.30 to 0.60% less than [Si:0.10%], Mn:0.15-0.65%, P:0.10% or less, and S:0.10% or less. Moreover, as occasion demands, specified quantity content of Cu, Nb, V, Pb, Te, Bi, the calcium, etc. may be carried out.

[0006]

[Function] this invention persons examined effectiveness of various alloying elements

that the steel for cold forging which can meet the above-mentioned demand should be developed. Consequently, when adding nickel, it turned out that elements in steel, such as C, Si, Mn, P, and Cr, can be reduced further, much more reduction of deformation resistance is attained by it, and the hardenability after shaping (especially induction hardening nature) can moreover also be improved in spite of reduction of hardening disposition top elements, such as Si, Mn, and Cr. And a header and this invention were completed for the steel for cold forging of the property for which it wishes by adjusting appropriately chemical entities, such as Mo, B, Ti, etc. besides the above hardening disposition top elements and nickel, being realizable. Moreover, in such steel for cold forging, it also turned out the grindability after hardening besides the fall of the deformation resistance mentioned above, and improvement in hardenability, a good thing, and that this point is sharply improved by addition of Cu although required. The reason for chemical entity limitation in this invention is as follows.

[0007] In order to secure the reinforcement as machine structural steel worker components, it is necessary to make C:0.30 - 0.60%C contain 0.30% or more. However, if it is made to contain exceeding 0.60%, since the deformation resistance at the time of cold forging will become high too much and it will become easy to produce a quench crack, it is necessary to make the upper limit into 0.60%.

Si: Since it is the element which raises the deformation resistance at the time of cold forging 0.10% or less although Si is an element effective in deoxidation of steel, it is necessary to make the content into 0.10% or less.

[0008] Mn: It has the effectiveness of Mn defanging S as MnS 0.15 to 0.65%, and improving ductility, in order to demonstrate the effectiveness, it is necessary to make it contain at least 0.15% and, and the hardening disposition top effectiveness is also acquired by coincidence. However, the superfluous addition exceeding 0.65% checks formability in cold forging.

Since P:0.10% or less P was an element which raises the deformation resistance at the time of cold forging, it limited to 0.10% or less.

[0009] Since S:0.10% or less S was an element in which the deformability at the time of cold forging is reduced, it limited to 0.10% or less.

Cr: Although less than [0.50%] Cr was an element with the effectiveness of raising hardenability, since the deformation resistance at the time of cold forging became high and the tool life fell when it added superfluously, it could be 0.50% or less.

[0010] Mo: Although 0.05 - 0.40% Mo was an element with the effectiveness of raising hardenability, since the deformation resistance at the time of cold forging became high and the tool life fell when it added superfluously, the content was made into 0.05 - 0.40% of range.

[0011] nickel: It is the element which raises hardenability, without nickel raising deformation resistance like Si, Mn, and Cr 0.05 to 0.40%, and add in order to make deformation resistance low and to complement the hardenability fall by lack of Si, Mn, and Cr which restricted addition. Moreover, it is an element having the effectiveness of improving notching toughness. Although the addition effectiveness is acquired from 0.05%, since the addition exceeding 0.40% becomes a cost rise, it is not desirable while it goes up deformation resistance.

[0012] B:0.0005 - 0.0035%B is added in order to compensate the hardenability fall accompanying lack of Si, Mn, Cr, Mo, etc. which restricted the addition in order to

reduce the deformation resistance at the time of cold forging. Although the addition effectiveness is accepted from 0.0005%, the effectiveness will be saturated if it exceeds 0.0035%.

[0013] Ti: Ti fixes N 0.01 to 0.10%, prevent generation of BN, and demonstrate the hardening disposition top effectiveness which B has. Although the effectiveness is demonstrated from 0.01%, since the addition exceeding 0.10% causes a deformability fall resulting from inclusion generating, it is not desirable. Although this invention makes the above element a fundamental component and consists of remainder iron and an unescapable impurity, it may add Cu, Nb, V, Pb, Te, Bi, calcium, etc. as occasion demands. The content when adding these elements is as follows.

[0014] Cu: 0.05-0.40%Cu is an element effective [like] in improving [which was mentioned above] the grindability after hardening, and in order it to demonstrate the effectiveness, 0.05% or more of addition is required for it. However, if it adds exceeding 0.40%, there is fear of crack generating at the time of slabbing, and it should avoid.

[0015] Nb: V:0.01 to 0.10%, each of Nb(s) and V is elements effective in the formation of crystal detailed, and 0.01-0.10% and/or in order to demonstrate the effectiveness, it is necessary to add it 0.01% or more in independent or the sum total. However, effectiveness will be saturated if the addition exceeds 0.10%.

[0016] Pb: Although each of Pb, Te, Bi(s), and calcium was machinability improvement elements, since it was also the element which is chosen from the group which consists of 0.01-0.20%, Te:0.01-0.10%, Bi:0.01-0.10%, and calcium:0.0005-0.0050% and in which the deformability at the time of cold forging is reduced, it was taken into consideration from both sides of a machinability improvement and a deformability fall, and performed above one or more sorts of addition range.

[0017] Although an example explains this invention to a detail further below, the following example is not the thing of the property which limits this invention, and each thing marked and done to before and the after-mentioned meaning for a design change is included in the technical range of this invention.

[0018]

[Example] The dummy billet was created after the ingot at the small ingot furnace (150kg / charge), and the test specimen of the chemical entity shown in Table 1 was rolled out to the diameter:25mm steel bar. Subsequently, in order to investigate formability in cold forging, spheroidizing processing (it cools radiationally after annealing to 680 degrees C in a 730 degree-Cx4 hour [heating maintenance] ->10 degree-C/hour) was performed, and the piece of a compression test (diameter: 20mmx die length : 30mm) was produced by machining.

[0019]

[Table 1]

供試 材 No.	化 学 成 分 (%)												
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Ti	B	Cu	その他	備 考
1	0.47	0.04	0.45	0.008	0.004	0.21	0.09	0.15	0.020	0.0021	—	—	本発明鋼
2	0.26	0.08	0.49	0.007	0.007	0.28	0.15	0.14	0.021	0.0018	—	—	比較鋼
3	0.66	0.07	0.37	0.006	0.003	0.18	0.10	0.09	0.018	0.0018	—	—	比較鋼
4	0.45	0.07	0.41	0.009	0.008	0.17	0.11	0.11	0.016	0.0016	0.17	—	本発明鋼
5	0.49	0.16	0.44	0.007	0.006	0.19	0.10	0.11	0.021	0.0018	—	—	比較鋼
6	0.47	0.05	0.10	0.005	0.002	0.23	0.12	0.13	0.017	0.0014	—	—	比較鋼
7	0.48	0.08	0.78	0.008	0.009	0.18	0.14	0.08	0.027	0.0011	—	—	比較鋼
8	0.46	0.05	0.47	0.018	0.005	0.24	0.08	0.10	0.019	0.0019	—	—	比較鋼
9	0.49	0.07	0.44	0.005	0.017	0.23	0.14	0.14	0.024	0.0010	—	—	比較鋼
10	0.49	0.07	0.45	0.006	0.006	0.58	0.08	0.10	0.019	0.0019	—	—	比較鋼
11	0.48	0.04	0.48	0.007	0.007	0.28	0.03	0.12	0.024	0.0019	—	—	比較鋼
12	0.49	0.04	0.46	0.008	0.005	0.27	0.45	0.11	0.022	0.0013	—	—	比較鋼
13	0.45	0.03	0.45	0.008	0.002	0.27	0.15	0.03	0.018	0.0015	—	—	比較鋼
14	0.47	0.07	0.43	0.005	0.001	0.26	0.12	0.48	0.021	0.0017	—	—	比較鋼
15	0.46	0.04	0.47	0.009	0.005	0.22	0.14	0.13	0.017	0.0002	—	—	比較鋼
16	0.49	0.07	0.52	0.006	0.004	0.30	0.16	0.18	0.003	0.0023	—	—	比較鋼
17	0.46	0.07	0.49	0.006	0.006	0.26	0.12	0.10	0.020	0.0012	—	Nb: 0.03	本発明鋼
18	0.48	0.07	0.44	0.006	0.003	0.27	0.14	0.11	0.017	0.0013	—	V: 0.05	本発明鋼
19	0.46	0.09	0.44	0.007	0.004	0.21	0.11	0.09	0.028	0.0019	0.18	Nb: 0.03	本発明鋼
20	0.48	0.05	0.47	0.008	0.004	0.29	0.17	0.14	0.021	0.0015	—	Pb: 0.11	本発明鋼
21	0.47	0.07	0.46	0.008	0.003	0.31	0.14	0.13	0.019	0.0016	—	Te: 0.06	本発明鋼
22	0.47	0.08	0.48	0.009	0.004	0.30	0.12	0.16	0.024	0.0022	—	Bi: 0.04	本発明鋼
23	0.45	0.05	0.44	0.006	0.003	0.38	0.15	0.14	0.018	0.0020	—	Ca:0.003	本発明鋼

[0020] The 300t press performed the confined compression test using the above-mentioned piece of a compression test. At this time, restricted compression (compression working ratio: 60%) processing of the test piece of 30mm height was carried out to 12mm height, and deformation resistance was investigated. The result is shown in Table 2.

[0021] Moreover, as investigation of hardenability, the diameter:20mmx die-length:70mm cylindrical shape test piece was produced by machining, and induction hardening processing was performed. Using a 80kHz (output; 150Kw) RF transmitter as processing conditions, the inside of a ring top coil was moved (12 mm/sec), and it quenched in the water-soluble hardening agent water solution after rapid heating. The center section of this test piece was cut, the cross-section degree of hardness was measured, and an outermost surface degree of hardness, effective case depth hardened by carburizing treatment (distance from the outermost surface to Hv=500), and an austenite grain size were investigated. The result was written together to Table 2.

[0022]

[Table 2]

供試材 No.	変形抵抗 (N/mm ²)	表面硬度 (Hv)	有効硬化層 深さ (mm)	表面部の マシナリ 粒度	備 考
1	833	704	2.1	9.0	本発明鋼
2	730	652	1.1	8.8	比較鋼
3	985	718	2.3	9.5	〃
4	834	706	2.2	9.4	本発明鋼
5	870	685	1.9	8.9	比較鋼
6	755	658	1.3	8.7	〃
7	976	711	2.2	9.3	〃
8	870	685	1.8	8.5	〃
9	840	695	1.8	9.0	〃
10	980	722	2.2	9.2	〃
11	795	654	1.2	9.0	〃
12	971	714	2.2	9.5	〃
13	785	668	1.3	8.8	〃
14	988	719	2.2	9.6	〃
15	784	670	1.1	8.5	〃
16	790	678	1.3	9.3	〃
17	835	709	2.2	10.8	本発明鋼
18	833	712	2.2	10.7	〃
19	838	709	2.1	10.5	〃
20	830	705	2.0	9.0	〃
21	845	711	2.1	9.5	〃
22	839	703	2.0	9.0	〃
23	830	713	2.1	9.1	〃

[0023] As a verification test of the improvement effectiveness in notching toughness by the existence of nickel addition No.13 are taken up as No.1 and comparison steel as nickel addition steel among the test specimens shown in Table 1. Diameter: The piece of a JIS No. 3 V-notched charpy impact test was created for the 25mm steel bar by machining after hardening annealing on condition that -> (850degree-Cx 30 min, OQ) (500degree-Cx 120 min, WQ), and the impact test was performed at the humidity of a room temperature, 0 degree C, and -25 degrees C. The result is shown in Table 3.

[0024]

[Table 3]

供試材 No.	シャルピー衝撃値 (J/cm ²)			備 考
	室温	0℃	-25℃	
1	152	133	83	本発明鋼
13	102	72	51	比較鋼

[0025] Next, No.1 was taken up as No.4, No.19, and Cu additive-free steel as Cu addition steel as a verification test of the improvement effectiveness of the grindability by Cu among the test specimens shown in Table 1, the diameter:105mm steel bar was rolled out, induction hardening tempering processing was performed after producing a diameter:100mmx die-length:215mm test piece, and the grinding trial was performed. The grinding conditions are as follows. And the grinding number till then estimated grindability for the time of the glazing in grinding and loading occurring and a machined surface becoming a defect as a life of a grinding stone. The result is shown in Table 4.

[0026] (Grinding test condition)

Abrasives-ed: Induction hardening tempering material (diameter: 100mmx die length : 215mm)

Grinding stone : WA (alumina system)

number of grinding stone rotations: -- number of *-ed [1500rpm] material rotations: -- 100rpm traverse rate: -- 540 mm/min slitting: -- 5-micrometer cutting cost: -- 300-micrometer cutting oil: -- PINORORU [0027]

[Table 4]

供試材 No.	研削本数 (本)	備 考
1	3	C u 無添加鋼
4	1 2	C u 添加鋼
1 9	1 3	C u 添加鋼

[0028] It can consider as follows from the above result. When test specimen No.2 (comparison steel) are compared with test specimen No.1 (this invention steel), test specimen No.2 have too low C, its an outermost surface degree of hardness is low, and its effective case depth hardened by carburizing treatment is also shallow. On the other hand, although test specimen No.3 show the case where C is too high, they are understood that deformation resistance is sharply high compared with test specimen No.1.

[0029] Although test specimen No.4 are this invention steel in which the example of Cu addition is shown, and deformation resistance, effective case depth hardened by carburizing treatment, and surface hardness are almost equivalent compared with the thing of test specimen No.1, it turns out [which were shown in Table 4] that grindability is [the thing / like] excellent.

[0030] Although test specimen No.5 are comparison steel whose Si is too high, it turns out that deformation resistance is too high compared with this invention steel of test specimen No.1. Moreover, test specimen No.6 are comparison steel whose Mn content is too low, an outermost surface degree of hardness is low, and effective case depth hardened by carburizing treatment is also shallow. Furthermore, although test specimen No.7 show the comparison steel whose Mn content is too high, they are understood that deformation resistance is sharply high compared with this invention steel of test specimen No.1.

[0031] Test specimen No.8 are understood that deformation resistance is high compared

with the thing of this invention steel although P is the comparison steel contained superfluously. Moreover, although test specimen No.9 are comparison steel which S contains superfluously and deformation resistance is almost equivalent to the thing of this invention, the crack incidence rate at the time of a confined compression test is inferior compared with test specimen No.1.

[0032] Although test specimen No.10 are an example of a comparison which Cr contains superfluously, deformation resistance is sharply high compared with the thing of test specimen No.1 of this invention steel. Test specimen No.11 have too low Mo content, and its an outermost surface degree of hardness is low, and its effective case depth hardened by carburizing treatment is also shallow. On the other hand, although the case where test specimen No.12 have too high Mo content is shown, deformation resistance is high compared with test specimen No.1.

[0033] Test specimen No.13 have too low nickel content, and its an outermost surface degree of hardness is low, and its effective case depth hardened by carburizing treatment is also shallow. On the other hand, although the case where test specimen No.14 have too high nickel content is shown, deformation resistance is sharply high compared with test specimen No.1. Although test specimen No.15 are the case where B is additive-free, baking is not contained, an outermost surface degree of hardness is low, and effective case depth hardened by carburizing treatment is also shallow. On the other hand, although the case where test specimen No.16 have too low Ti content is shown, baking is not contained too, an outermost surface degree of hardness is low, and effective case depth hardened by carburizing treatment is also shallow.

[0034] Although test specimen No.17, and 18 and 19 show the case where detailed-ized elements, such as Nb and V, are added, respectively, deformation resistance almost equivalent to test specimen No.1, an outermost surface degree of hardness, and effective case depth hardened by carburizing treatment are shown. Much more detailed-ization is attained especially about the austenite grain size.

[0035] Although test specimen No.20, and 21, 22 and 23 show this invention steel which added machinability improvement elements, such as Pb, Te, Bi, and calcium, respectively, deformation resistance almost equivalent to test specimen No.1, an outermost surface degree of hardness, and effective case depth hardened by carburizing treatment are shown.

[0036] On the other hand, this invention steel which added nickel is showing the high value also in which test temperature from the Charpy impact test result of Table 3 compared with the comparison steel thing which has not added nickel. moreover, the ratio in which Cu addition steel was excellent from the grinding result of Table 4 as compared with Cu additive-free steel -- it turns out that grindability is shown.

[0037]

[Effect of the Invention] While this invention is constituted as mentioned above and the deformation resistance at the time of cold forging could hold low, the steel for cold forging excellent also in the hardenability after shaping was realizable. And such steel for cold forging is the optimal as materials, such as power transfer components which carry out induction hardening after cold forging especially a constant-velocity joint outer race, and a gearing.

[Translation done.]